

4.2 Расчет отверстий больших и средних мостов

Экономически наиболее выгодным является устройство мостов значительно меньшей длины, чем ширина разлива водного потока. Часть ширины перекрывают подходными насыпями. При этом сокращается число пролетных строений моста и опор. Однако при стеснении потока увеличивается его скорость в мостовом сечении, что вызывает размывы. Они приводят к понижению дна реки и тем самым угрожают устойчивости моста и подходных насыпей. Такой размыв называется *общим*. Его величина зависит от степени стеснения потока подходными насыпями β , определяемой по формуле

$$\beta = \frac{Q_p}{Q_{pm}}, \quad (4.12)$$

где Q_p – расчетный максимальный расход воды в реке; Q_{pm} – часть расчетного максимального расхода воды в реке, приходящаяся на отверстие моста.

Максимальную глубину воды в створе мостового перехода после возникновения общего размыва $h_{pm\max}$ определяют по уравнению баланса наносов

$$h_{pm\max} = h_{pb\max} \cdot (\beta)^{8/9} \cdot \left(\frac{B_{гр}}{B_{pm}(1-\lambda)} \right)^{2/3}, \quad (4.13)$$

где $h_{pb\max}$ – расчетная максимальная глубина воды в створе до возведения моста (при бытовом состоянии реки) при РУВВ, принимаемая по морфорасчетам; $B_{гр}$ и B_{pm} – соответственно ширина главного русла при бытовом состоянии реки и ширина подмостового русла; λ – относительная часть длины мостового отверстия, занятая опорами и обычно равная 0,05.

Скорость потока в подмостовом русле v_{pm} –

$$v_{pm} = v_{гр} \cdot \left(\frac{B_{гр}}{B_{pm}(1-\lambda)} \right)^{1/4} \cdot \left(\frac{h_{pm\max}}{h_{pb\max}} \right)^{1/8}, \quad (4.14)$$

где $v_{гр}$ – скорость воды в главном русле при РУВВ, принимаемая по морфорасчетам.

При морфометрической основе расчета вычисленные максимальные глубины общего размыва следует увеличивать на 15 % [1], следовательно, окончательно максимальная глубина общего размыва

$$h_{p\max} = 1,15 h_{pm\max}. \quad (4.15)$$

Далее вычисляют коэффициент размыва

$$\rho = \frac{h_{p\max}}{h_{pb\max}}. \quad (4.16)$$

Величину коэффициента размыва, как правило, следует принимать не более 2:

$$\rho \leq 2. \quad (4.17)$$

Водопропускное отверстие, перекрываемое мостом, называется *отверстием моста*. Его измеряют на отметке РУВВ между конусами подходных насыпей.

В практике проектирования мостового перехода наиболее часто могут встретиться следующие расчетные схемы отверстий мостов:

- *мост наименьшей длины* (отверстие моста перекрывает только главное русло реки);
- *мост с уширением русла* (искусственно расширяют русло, срезая часть поймы);

- мост с сохранением пойменного участка (отверстие моста перекрывает не только главное русло, но и часть поймы).

Сначала расчеты мостового отверстия выполняют по первой схеме, т.к. в этом случае ожидаются максимальные размывы.

4.2.1 Мост наименьшей длины

Расчетная схема моста наименьшей длины показана на рис. 1. Ширину русла под мостом принимают равной ширине главного русла: $B_{\text{рм}} = B_{\text{гр}}$. Тогда часть расхода, приходящаяся на подмостовое отверстие в бытовом состоянии реки, $Q_{\text{рм}} = Q_{\text{гр}}$. Подставим эти данные в формулы (4.12), (4.13). Тогда

$$h_{\text{рмmax}} = h_{\text{рбmax}} \cdot \left(\frac{Q_{\text{р}}}{Q_{\text{гр}}} \right)^{8/9} \cdot \left(\frac{1}{(1-\lambda)} \right)^{2/3}. \quad (4.18)$$

По формуле (4.18) находят максимальную глубину воды после размыва $h_{\text{рмmax}}$, а затем по (4.14) – среднюю скорость в мостовом отверстии $v_{\text{рм}}$.

С учетом замечания (4.15) уточняют максимальную глубину после размыва и находят коэффициент размыва по формуле (4.16). Если $\rho \leq 2$, то принимают схему моста наименьшей длины. Новая редакция СП 35.13330.2011 «Мосты и трубы» не требует снижения допускаемого значения коэффициента размыва до 1,75. Если условие (4.17) не выполняется, то рассматривают другие схемы.

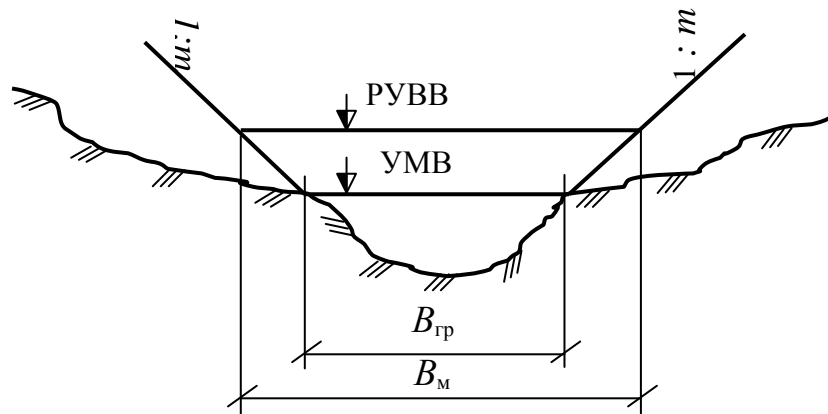


Рисунок 4.1 – Расчетная схема моста наименьшей длины

Длина мостового отверстия с учетом подходов насыпей составляет

$$B_{\text{м}} = B_{\text{гр}} + 2m \cdot h_{\text{п}}, \quad (4.19)$$

где m – заложение откосов конусов ($m = 1,5$); $h_{\text{п}} = \text{PУВВ} - \text{УМВ}$.

4.2.2 Мост с искусственно уширенным руслом (со срезкой русла)

Искусственное уширение русла производят за счет срезки грунта на уровне межженных вод в пойменной части отверстия моста, см. рис.4.2. Срезку грунта допускается предусматривать только на равнинных реках, в случае частого затопления пойм (т.е. затопления пойм паводками

с максимальными расходами воды ВП не менее 50-70%) и степени стеснения потока мостовым переходом при РУВВ не менее 1,7.

Для того чтобы определить частоту затопления пойм, необходимо с помощью клетчатки вероятностей определить расход воды ВП 50%. Затем по графику $h=f(Q)$ найти соответствующий ему уровень воды $h_{50\%}$ и сравнить его с отметкой дна пойм. Если отметки дна пойм ниже отметки $h_{50\%}$, то рассматривают схему моста с уширенным руслом.

Алгоритм расчета – следующий.

1. Задают суммарную длину срезки b_c (например 10 м) и вычисляют ширину подмостового отверстия

$$B_{рм} = B_{гр} + b_c. \quad (4.20)$$

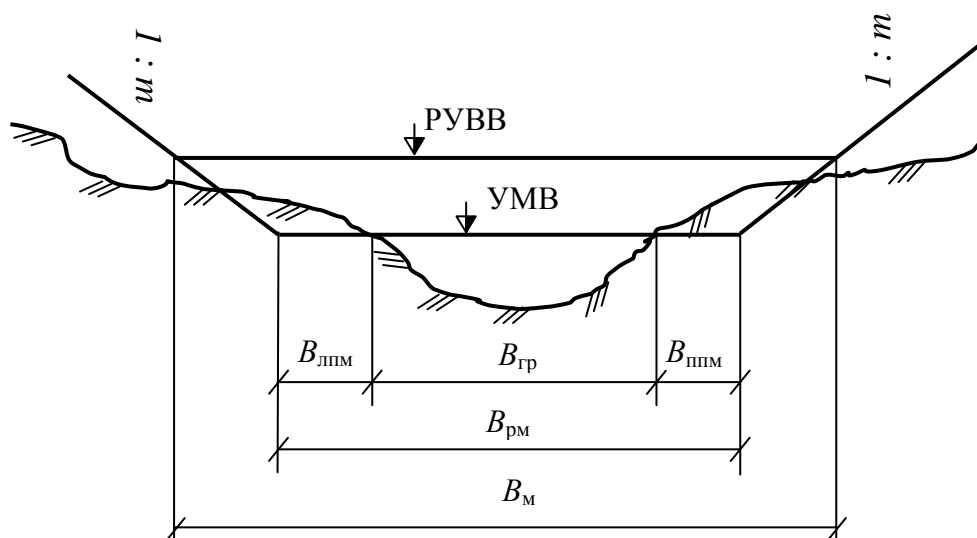


Рисунок 4.2 – Расчетная схема моста с уширенным руслом

2. Далее перераспределяют эту суммарную длину срезки между поймами. Для этого вычисляют коэффициент пропорциональности $\xi = \frac{Q_{лп}}{Q_{лп} + Q_{пп}}$.

3. Назначают длины срезов пропорционально пойменным расходам воды по формуле:

$$B_{лпм} = \xi \cdot b_c; \quad B_{ппм} = (1 - \xi) \cdot b_c;$$

В случае устройства односторонней срезки $B_{лпм} = b_c$ или $B_{ппм} = b_c$.

4. Вычисляют часть расчетного расхода воды, приходящуюся на отверстие моста, по формуле

$$Q_{рм} = Q_{гр} + Q_{лпм} + Q_{ппм}, \quad (4.21)$$

где

$$Q_{лпм} = \frac{B_{лпм}}{B_{лп}} \cdot Q_{лп}; \quad Q_{ппм} = \frac{B_{ппм}}{B_{пп}} \cdot Q_{пп}.$$

5. Определяют степень стеснения потока по формуле (4.12).

6. По уравнению баланса наносов (4.13) вычисляют глубину потока $h_{рм \max}$. Если получилось, что $h_{рм \max} < h_{рб \max}$, то следует уменьшить значение b_c и провести расчеты заново.

Уменьшение глубины потока после срезки русла означает, что нарушается баланс наносов – наносы будут скапливаться под мостом из-за слишком большой ширины искусственного русла.

7. Уточняют глубину общего размыва по формуле (4.15).

7. Вычисляют коэффициент размыва по формуле (4.16). Если его значение близко к 2, то длина срезки назначена правильно, иначе увеличивают значение b_c и снова ведут расчёты.

8. Вычисляют скорость воды в подмостовом русле v_{pm} по формуле (4.14).

9. Длина мостового отверстия составит

$$B_m = B_{pm} + 2h_{пн} \cdot m. \quad (4.22)$$

4.2.3 Мост с сохранением пойменного участка

При редком затоплении пойм в отверстие моста включают пойменный участок без срезки грунта. В данной схеме считается, что размыв развивается только в пределах бытовой ширины русла. Это позволяет применить уравнение баланса наносов для оценки величины размыва (Рис. 4.3).

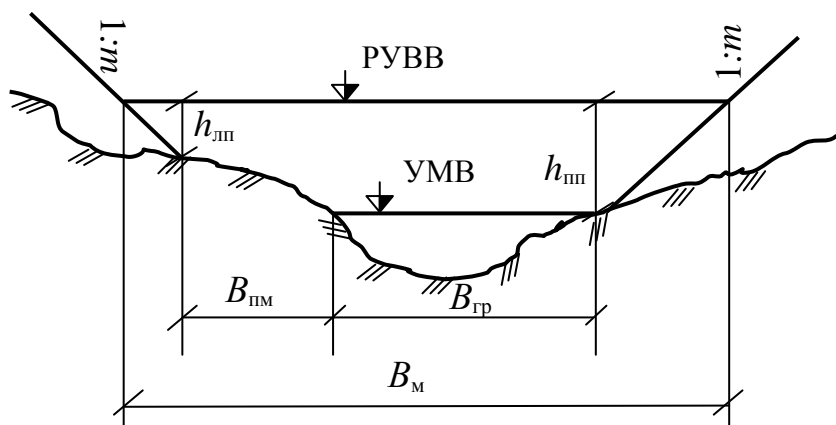


Рисунок 4.3 – Расчетная схема моста с сохранением части поймы

1. Сначала задают предельно допустимое значение коэффициента размыва $\rho_{доп} = 2$ и находят максимальную глубину воды в русле после размыва по зависимости

$$h_{pm \max} = h_{рб. \max} \cdot \rho_{доп}. \quad (4.23)$$

2. Далее определяют допустимую степень стеснения потока β по формуле

$$\beta = \rho_{доп}^{9/8} \cdot (1 - \lambda)^{3/4}. \quad (4.24)$$

3. Ширину пойменного участка отверстия вычисляют по выражению

$$B_{пм} = (B_{пн} + B_{лп}) \cdot \left(\frac{1}{1 - \tau} \right) \cdot \left(\frac{1}{\beta} - \tau \right), \quad (4.25)$$

где $\tau = \frac{Q_{гр}}{Q_p}$.

4. Далее находят коэффициент пропорциональности ξ и определяют длины участков пойм, которые будут захвачены мостовым отверстием:

$$\xi = \frac{Q_{лп}}{Q_{лп} + Q_{пн}}; \quad B_{лпм} = \xi \cdot B_{пм}; \quad B_{ппм} = (1 - \xi) \cdot B_{пм};$$

5. Длина мостового отверстия:

$$B_m = B_{гр} + B_{пм} + m \cdot (h_{пл} + h_{пп}), \quad (4.26)$$

где $h_{пл}$, $h_{пп}$ – глубина потока в месте сопряжения конуса с левой и правой поймой соответственно (см. рис. 4.3).

6. Скорости потока на пойменном участке мостового отверстия соответственно для левой $v_{лпм}$ или правой $v_{ппм}$ поймы определяют по формулам

$$v_{лпм} = \frac{Q_{лпм}}{B_{лпм} \cdot h_{лп}}, \quad v_{ппм} = \frac{Q_{ппм}}{B_{ппм} \cdot h_{пп}}, \quad (4.27)$$

где $Q_{лпм} = \beta \cdot Q_{лп}$; $Q_{ппм} = \beta \cdot Q_{пп}$; $h_{лп}$; $h_{пп}$; $Q_{лп}$; $Q_{пп}$ – средние величины глубины и расхода на левой и правой поймах, полученные по расчетам морфоствора для РУВВ.

7. Скорость потока в русловой части мостового отверстия определяют по формуле (4.14).

Список источников

1. СП 35.13330.2011 Мосты и трубы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.03-84* / Мин-во регионального развития Российской Федерации. – М., 2011. – 287 с.